مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

شناسایی منابع مقاومت به نماتد مولد گره ریشه در چغندرقند

Identification of Resistance Sources to Root-Knot Nematode in Sugar Beet

منصوره باکوئی[1]، ابراهیم پورجم[2]، سیدباقر محمودی[3] و ناصر صفائی[4]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری، استاد و دانشیار، گروه بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۹

چکیده

باکوئی، م.، پورجم، ا.، محمودی، س ب. و صفائی، ن. ۱۳۹۵. شناسایی منابع مقاومت به نماتد مولد گره ریشه در چغندرقند. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲:** ۲۴۴- ۲۳۱.

چغندرقند یکی از میزبان‌های نماتد مولد گره ریشه است. در این مطالعه طی سه آزمایش جداگانه، دو جمعیت گرده‌افشان باز و فامیل‌های نیمه خواهری آن‌ها (۳۷ فامیل)،دو هیبرید چغندرقند و ارقام تجاری مقاوم به نماتد سیستی (*Heterodera schachtii*)شامل توکان، کاکتوس، سانتا، پائولتا، پائولینا، فرناندو، ساکارا و شکوفا، در برابر *Meloidogyne javanica* و *M. arenaria* در شرایط گلخانه ارزیابی شدند. برای ارزیابی، گیاهچه‌ها با ۵۰۰ و ۷۵۰ لارو سن دوم نماتد مایه‌زنی شدند. حدود ۷۰ روز پس از مایه‌زنی، گیاهان برداشت و تعداد گره‌های روی ریشه شمارش شدند. گیاهان با۱۰ و کمتر از ۱۰ گره در ریشه به عنوان مقاوم شناخته شدند. نتایج نشان داد که جمعیت‌های گرده‌افشان باز SB33 و SB34 و کلیه فامیل‌های نیمه خواهری آن‌ها مقاوم به نماتد مولد گره ریشه بودند و مقاومت در جمعیت SB33 به صورت غالب به ارث می‌رسد. همچنین تمامی ارقام مقاوم به نماتد سیستی، حساس به نماتد مولد گره ریشه بودند.

واژه‌های کلیدی: چغندرقند، فامیل نیمه خواهری، نماتد مولد گره ریشه، مقاومت.

نویسنده مسئول: pourjame@modares.ac.ir تلفن: ۰۲۱۴۸۲۹۲۲۸۱

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از گیاهان صنعتی است و یک چهارم کل شکر مصرفی دنیا را تأمین می‌کند (Biancardi *et al*., 2010). تاکنون گونه‌های *Meloidogyne arenaria*، *M. incognita*، *M. hapla*، *M. javanica*، *M. fallax*، *M. chitwoodi* و *M. hispanica* به عنوان انگل‌های مهم اقتصادی چغندرقند معرفی شده‌اند (Nobre Maleita *et al*., 2012؛ Arnold, 1984؛ Janati *et al*., 1982؛ Whitehead, 1969). علائم حاصل از *Meloidogyne* با تشکیل گره روی ریشه‌های جانبی و اصلی چغندرقند سبب کاهش شدید عملکرد و کیفیت چغندرقند می‌شود (Whitney and Duffus, 1986). میانگین خسارت سالانه *M. incognita* در مزارع چغندرقند آمریکا ۱۰ تا ۵۰ درصد (Duffus and Ruppel, 1993؛ Altman and Thomason, 1971) و در ایتالیا حدود ۵ تا ۱۵ درصد برآورد شده است (Altman and Thomason, 1971). در مصر نیز گزارش‌ها نشان‌دهنده حساسیت چغندرقند نسبت به گونه‌های نماتد مولد گره ریشه است (Korayem *et al*., 2012؛ El-Nagdi *et al*., 2004؛ Ibrahim, 1982). در افغانستان نیز این نماتد سطح زیر کشت چغندرقند را به شدت کاهش داده به طوری که کشت این محصول در منطقه بغلان غیر اقتصادی است (Mahmoudi *et al*., 2009). با وجود این، به دلیل دامنه میزبانی وسیع نماتد، سمیت شدید نماتدکش‌ها برای انسان و محیط زیست و افزایش مقاومت نماتد به نماتدکش‌ها، کنترل این نماتد روی چغندرقند مشکل است (Weiland and Yu, 2003). مقاومت گیاه میزبان به نماتد مولد گره ریشه یکی از مهم‌ترین راهکارهای سالم جهت کم کردن مشکلات تولید چغندرقند، کاهش خطرات نماتدکش‌ها و مهم‌ترین روش اقتصادی است که نه تنها برای کشاورزان بلکه برای صنعت چغندرقند نیز مهم است (Panella and Lewellen, 2007). اطلاعات کمی در مورد مقاومت گونه‌های چغندر به نماتدهای مولد گره ریشه در دسترس است. اولین بار وجود مقاومت به نماتد مولد گره ریشه چغندرقند در *Beta vulgaris* spp. *maritima* نسبت به نژاد یک *M. incognita* گزارش شده است (Yu, 1995). پس از آن مشخص شد که این نوع مقاومت در برابر گونه‌های *M. javanica*، *M. arenaria*، *M. hapla*، *M. chitwoodi* و *M. fallax* نیزعمومیت دارد (Yu *et al*., 1999). روش گروه‌بندی گیاهچه‌های چغندرقند از نظر مقاومت و حساسیت نسبت به نماتد مولد گره ریشه، تعداد گره است. تعداد گره‌ها در درجات ۰: ۰ گره، ۱: ۱ تا ۲ گره، ۲: ۳ تا ۱۰ گره، ۳: ۱۱ تا ۳۰ گره ، ۴: ۳۱ تا ۱۰۰ گره و ۵: بیش از ۱۰۰ گره در ریشه گروه‌بندی می‌شوند. در این سیستم گیاهان

بـا تعـداد ۱۰ یـا کمتـر از ۱۰ گـره بـه عنـوان مقـاوم و گیاهـان دارای بیشـتر از ۱۰ گـره بـه عنـوان حسـاس در نظـر گرفتـه مـی‌شـوند (Taylor and Sasser, 1978). در ایـران نیـز گونـه‌هـای *M. incognita*، *M. javanica*، *M. hapla* و *M.arenaria* از مزارع چغندرقنـد مناطق مختلـف اصـفهان، دشـت مغـان، مشـهد و همـدان جداسـازی و شناسـایی شـده‌انـد (Mehdikhani Moghadam *et al*., 1996؛ Niknam and Kheiri, 1996؛ Ommati and Giti, 2010؛ Karegar, 2006؛ Akhiyani *et al*., 1993؛ Omidvar, 1968). ولی تاکنون هیچ‌گونه بررسی در مورد حساسیت و مقاومـت ارقـام چغندرقنـد در ایـران صـورت نگرفته است.

یکی از اهـداف ایـن مطالعـه شناسـایی منـابع مقاومت چغندرقندنسبت به نماتد مولد گره ریشه و دیگری شناخت واکنش ارقام تجـارتی مقـاوم به نماتد سیستی، که هم اکنون در کشور کشـت مـی‌شـوند، در برابـر نماتـد مولـد گـره ریشـه (*M. javanica* و *M. arenaria*) بود.

مواد و روش‌ها

جدایه‌های نماتد مولد گره ریشـه: ریشـه‌هـای چغندرقند آلـوده بـه نماتـد مولـد گـره ریشـه از مزارع آلوده در شهرستان‌هـای جغتـای و جـوین در استان خراسان رضوی و همچنین یک نمونـه از کشـور آذربایجـان جمـع‌آوری شـد. خالص‌سازی با استفاده از مایـه‌زنـی تـک کیسـه تخـم بـر روی گوجـه‌فرنگـی رقـم روتگـرز (Sasser and Carter, 1985) و تکثیـر روی چغندرقند رقم جلگه انجام شد. تـوده‌هـای تخـم تشکیل شده روی ریشـه رقـم جلگـه، در محـیط تاریک با دمای ۲۵–۲۷ درجه سانتی‌گراد تفریخ و سپس لاروهای سن دوم شمارش و با سولفات استرپتومایسین ۶۰۰۰ میلی‌گـرم در لیتـر و یـک درصـد بـه ترتیـب بـه مـدت ۲۴ و یـک سـاعت ضدعفونی شدند.

مواد گیـاهی: بـذر ۵۰ ژنوتیـپ چغندرقنـد از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیـه بـذر چغندرقنـد دریافت شد. لازم به ذکر است کـه بـا توجـه بـه دگرگشن بودن چغندرقند برای تهیه فامیـل‌هـای نیمه‌خواهری از جمعیت‌های گرده‌افشان باز چند جوانـه‌ای (SB33 و SB34) در مزرعـه در حـال تکثیر بذر، تعداد ۵۰ بوته به صـورت تـک بوتـه بذرگیری شدند. از بین آن‌ها فامیل‌هایی که بـذر کافی داشتند در این تحقیق مـورد اسـتفاده قـرار گرفتند. بـذر هـر ژنوتیـپ بـه طـور جداگانـه بـه تـوری‌هـای خاصـی منتقـل و پـس از سـاییدن سطحی پوسته بذرها، به مدت سـه سـاعت درون دستگاه شستشـو در معـرض جریـان مـداوم آب قـرار گرفتنـد، سـپس بـا مـایع سـفیدکننده (هیپوکلریت سدیم) تجاری ۱۰ درصد به مـدت یک دقیقه ضدعفونی و پس از آن ۱۰ دقیقه زیر جریـان روان آب شسـته شـدند. بـذرهای ضـدعفونی شـده درگلـدان‌هـای طلقـی حـاوی ۴۵۰ سانتی‌متر مکعب مخلـوط خـاک مزرعـه، پیت ماس و کمپوست (نسبت ۱:۱:۱) پاستوریزه

شده جوانه زدند. پس از سبز شدن و در مرحله دو برگی، تعداد گیاهچه‌های هر گلدان به یک عدد کاهش یافت. در سه آزمایش جداگانه طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۲، مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف چغندرقند در برابر گونه‌های *M. javanica* و *M. arenaria* ارزیابی شد.

مایه‌زنی گیاهچه‌ها: سوسپانسیون نماتد با غلظت ۵۰۰ عدد لارو سن دوم در یک میلی‌لیتر آب مقطر سترون تنظیم شد. دو ماه پس از کاشت بذرها، گیاهچه‌ها با ۵۰۰ (در یک مرحله) و ۷۵۰ (در دو مرحله) لارو سن دوم نماتد (Bakooie *et al.*, 2015) مولد گره ریشه با استفاده از سرنگ مایه‌زنی شدند. برای گیاهان شاهد نیز همان مقدار آب مقطر سترون (یک و ۱/۵ میلی‌لیتر) بدون نماتد در نظر گرفته شد. گیاهچه‌های مایه‌زنی شده در قالب طرح کاملاً تصادفی با حداقل پنج و حداکثر ۲۵ تکرار برای هر تیمار، در گلخانه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند با دمای ۳±۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۰ روز نگهداری و در موقع نیاز آبیاری و با محلول‌های کودی تغذیه شدند.

آزمایش اول: در این آزمایش عکس‌العمل جمعیت SB34 و ۲۷ فامیل نیمه خواهری (Half-Sib Family) آن به همراه شاهد حساس پائولتا مایه‌زنی شده با ۷۵۰ لارو سن دوم نماتد *M. javanica* (جدایه شهرستان جغتای) بررسی شد.

آزمایش دوم: در آزمایش دوم والد پدری (جمعیت SB33)، والد مادری (7112×SB36)،نسل F_1[(7112×SB36)×SB33] حاصل از تلاقی والد پدری و مادری و ده فامیل نیمه‌خواهری جمعیت SB33 به همراه شاهد حساس جلگه و پائولتا با ۵۰۰ و ۷۵۰ لارو سن دوم نماتد *M. javanica* (جدایه‌های شهرستان جغتای و کشور آذربایجان) و *M. arenaria* مایه‌زنی شدند.

آزمایش سوم: در این آزمایش ارقام مقاوم به نماتد سیستی چغندرقند شامل توکان، کاکتوس، سانتا، پائولتا، پائولینا، فرناندو، ساکارا و شکوفا به همراه یک فامیل نیمه خواهری جمعیت SB34و شاهد حساس جلگه مایه‌زنی شده با ۵۰۰ لارو سن دوم *M. javanica* (جدایه شهرستان جغتای) مورد ارزیابی مقاومت قرار گرفتند.

ارزیابی حساسیت و مقاومت: در پایان هر آزمایش با غرقاب کردن گلدان‌ها درون آب، کل گیاهچه از داخل گلدان خارج و در زیر جریان آب شسته شد. ریشه تمامی گیاهچه‌ها برای شمارش تعداد گره با استفاده از استرئومیکروسکوپ بررسی شد. ارزیابی حساسیت و مقاومت بر اساس شمارش تعداد گره تشکیل شده روی ریشه‌های مایه‌زنی شده بر اساس درجات ۰: ۰ گره، ۱: ۱ تا ۲ گره، ۲: ۳ تا ۱۰ گره، ۳: ۱۱ تا ۳۰ گره، ۴: ۳۱ تا ۱۰۰ گره و ۵: بیش از ۱۰۰ گره انجام شد.گیاهان با ۱۰ و کمتر از ۱۰ گره در گروه مقاوم و گیاهان با بیش از ۱۰ گره در گروه حساس طبقه‌بندی

شدند (Taylor and Sasser, 1978).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون ناپارامتری Kruskal-Wallis با مقایسه میانگین‌های Mann-Whitney و Binomial استفاده شد.

نتایج و بحث

مشخصات ژرم‌پلاسم چغندرقند مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ژرم‌پلاسم چغندرقند ارزیابی شده در برابر نماتد مولد گره ریشه در گلخانه
Table 1. Sugar beet germplasm screened to root-knot nematode in greenhouse

جمعیت/لاین Population/Line	شجره Pedigree	جوانه‌زنی Germination	جمعیت/لاین Population/Line	شجره Pedigree	جوانه‌زنی Germination
SB[1]34	Bulk	Polygerm	34 HSF.$_{14}$	HSF.	Polygerm
SB33	Bulk	Polygerm	34 HSF.$_{17}$	HSF.	Polygerm
7112×SB36	Single cross	Monogerm	34 HSF.$_{18}$	HSF.	Polygerm
(7112×SB36)×SB33	Hybrid	Monogerm	34 HSF.$_{19}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{1}$	HSF[2].	Polygerm	34 HSF.$_{20}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{2}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{21}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{3}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{22}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{4}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{24}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{5}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{25}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{6}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{26}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{7}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{28}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{8}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{31}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{9}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{32}$	HSF.	Polygerm
33 HSF.$_{10}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{33}$	HSF.	Polygerm
34 HSF.$_{1}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{34}$	HSF.	Polygerm
34 HSF.$_{3}$	HSF.	Polygerm	34 HSF.$_{60}$	HSF.	Polygerm
34 HSF.$_{4}$	HSF.	Polygerm	Cactus	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{5}$	HSF.	Polygerm	Fernando	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{6}$	HSF.	Polygerm	Paulina	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{7}$	HSF.	Polygerm	Sanetta	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{8}$	HSF.	Polygerm	Tucan	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{9}$	HSF.	Polygerm	Sucarra	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{10}$	HSF.	Polygerm	Shokufa	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{11}$	HSF.	Polygerm	Pauletta	Cultivar	Monogerm
34 HSF.$_{13}$	HSF.	Polygerm	Jolgeh	Cultivar	Monogerm

1. SB: Sugar Beet
2. HSF: Half-Sib Family

گونه نماتد: پس از خالص‌سازی و تکثیر تک توده تخم، شناسایی گونه بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی نماتد ماده بالغ، لارو سن دوم و نماتد نر با استفاده از منابع موجود انجام شد (Taylor and Sasser, 1978؛ Jepsen, 1983). جدایه‌های نماتدی خالص شده از کشور آذربایجان (جدایه باکو) و شهرستان جغتای (جدایه ایرانی) به گونه *Meloidogyne javanica* و جدایه خالص شده از شهرستان جوین (جدایه ایرانی) به نژاد دوم گونه *M. arenaria* تعلق داشتند.

نتایج حاصل از آزمایش اول: نتایج حاصل از

بررسی ریشه گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با لاروهای سن دوم *M. javanica* (جدایه ایرانی) نشان داد که تنها در یک گیاهچه از ژنوتیپ‌های $34HSF_{.6}$ و $34HSF_{.19}$ و در تمامی گیاهچه‌های رقم پائولتا بیش از ۱۰ گره مشاهده شده و این گیاهچه‌ها در گروه حساس طبقه‌بندی شدند. یک گیاهچه از ژنوتیپ $34HSF_{.20}$ دارای هفت گره و سایر گیاهچه‌های مربوط به ژنوتیپ‌های مختلف نیز فاقد گره بود و تمامی این گیاهان در گروه مقاوم طبقه‌بندی شدند (Taylor and Sasser, 1978). نتایج بررسی‌های آماری نیز نشان داد که جمعیت SB34 و تمامی فامیل‌های نیمه خواهری حاصل از آن با میانگین تعداد گره کمتر از ۱۰ در گروه مقاوم قرار گرفته و اختلاف آماری معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند ($P\geq0.05$). رقم پائولتا نیز با میانگین تعداد گره ۱۱۲ در گروه حساس طبقه‌بندی شد و با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف آماری در سطح احتمال ۵٪ داشت (جدول ۲). نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر آن بود که جمعیت SB34 دارای ژن(های) مقاومت به نماتد مولد گره ریشه هستند.

نتایج حاصل از آزمایش دوم: بر اساس نتایج حاصل از شمارش تعداد گره‌ها روی ریشه گیاهچه‌های مایه‌زنی شده با ۵۰۰ و ۷۵۰ لارو سن دوم *M. javanica* (جدایه ایرانی و جدایه باکو) و نژاد دو *M. Arenaria* تمامی گیاهچه‌های والد پدری (SB33) جزو گیاهان مقاوم طبقه‌بندی شدند. تمامی گیاهچه‌های نسل F_1[(7112×SB36)×SB33] حاصل از تلاقی والد پدری و مادری و تمامی گیاهچه‌های فامیل‌های نیمه‌خواهری جمعیت SB33 فاقد بوته حساس بوده و جزو گروه مقاوم دسته‌بندی شدند. والد مادری (7112×SB36) و هر دو رقم جلگه و پائولتا (به عنوان شاهد حساس) در تمامی تکرارها بیش از ۱۰ گره داشته و در گروه حساس قرار گرفتند. میانگین تعداد گره‌های شمارش شده در سه ژنوتیپ حساس اختلاف آماری معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند ($P\geq0.05$). مقایسه میانگین تعداد گره‌های تشکیل شده در ژنوتیپ‌های مایه‌زنی شده با هر سه جدایه مختلف نشان داد که ارقام حساس جلگه، پائولتا و والد مادری با ژنوتیپ‌های مقاوم شناخته شده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ داشتند (جدول ۳). نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که جمعیت SB33 دارای ژن(های) کنترل کننده مقاومت به دو گونه نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* و *M. arenaria* هستند. وجود مقاومت در نسل F_1 حاصل از تلاقی والد پدری و مادری نشان داد که مقاومت در این جمعیت از نوع غالب بوده و به گونه‌های مختلف نماتد مولد گره ریشه جدایه‌های ایران و همین‌طور جدایه کشور آذربایجان مقاومت دارند.

نتایج حاصل از آزمایش سوم: در آزمایش سوم ریشه ارقام توکان، کاکتوس، سانتا، پائولتا، پائولینا، فرنانـدو، ساکارا و شکوفا مایه‌زنی

جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد گره در ریشه و واکنش تعدادی از ژنوتیپ‌های چغندرقند نسبت به جدایه ایرانی نماتد *Meloidogynej avanica*

Table 2. Mean number of galls and response of some sugar beet genotypes to Iranian isolate of *Meloidogyne javanica* in the first experiment

ژنوتیپ Genotype	میانگین تعداد گره در ریشه Mean number of galls per root	واکنش Response	ژنوتیپ Genotype	میانگین تعداد گره در ریشه Mean number of galls per root	واکنش Response
SB34	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{19}$	4^{ns}	Resistant, class 2
34HSF. $_{1}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{20}$	1.4^{ns}	Resistant, class 1
34HSF. $_{3}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{21}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{4}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{22}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{5}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{24}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{6}$	4.8^{ns}	Resistant, class 2	34HSF. $_{25}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{7}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{26}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{8}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{28}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{9}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{31}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{10}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{32}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{11}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{33}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{13}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{34}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{14}$	0^{ns}	Resistant, class 0	34HSF. $_{60}$	0^{ns}	Resistant, class 0
34HSF. $_{17}$	0^{ns}	Resistant, class 0	Pauletta	112^{*}	Susceptible, class 5
34HSF. $_{18}$	0^{ns}	Resistant, class 0			

* افراد حساس دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

^{ns} افراد مقاوم، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

* Susceptible individuals have significant differences at the 5% probability level.

^{ns} Resistant individuals, no significant difference at the 5% probability level.

گروه ۰: ۰ گره (مقاوم)؛ گروه ۱: ۱ تا ۲ گره (مقاوم)؛ گروه ۲: ۳ تا ۱۰ گره (مقاوم) و گروه ۵: بیش از ۱۰۰ گره (حساس) (Taylor and Sasser, 1978).

Class 0: 0 gall (resistant); class 1: 1-2 galls (resistant); class 2: 3-10 galls (resistant) and class 5: more than 100 galls (susceptible) (Taylor and Sasser, 1978).

شده با ۵۰۰ لارو سن دوم گونه *M. javanica* (جدایه ایرانی) دارای گره و کیسه‌های تخم کاملاً مشخص بودند. بررسی‌ها نشان داد که در بیشتر تکرارهای ارقام مورد بررسی تعداد گره بیش از ۱۰۰ عدد بود. تمامی این ارقام در گروه حساس طبقه‌بندی شدند. تمامی گیاهچه‌های فامیل نیمه‌خواهری جمعیت SB34 فاقد گره بوده و در گروه مقاوم قرار گرفته (جدول ۴) و در طبقه‌بندی تیلور و ساسر هم در گروه صفر دسته‌بندی شدند (Taylor and Sasser, 1978).

نتایج کلی حاصل از این تحقیق نشان داد که جمعیت SB33 (والد پدری)، فامیل‌های نیمه خواهری جمعیت SB33، نسل F_1[(7112×SB36) ×SB33] حاصل از تلاقی والد پدری و مادری و جمعیت SB34 و فامیل‌های نیمه خواهری این جمعیت در گروه مقاوم و والد مادری (7112×SB36)، ارقام جلگه، توکان، کاکتوس، سانتا، پائولتا، پائولینا، فرناندو، ساکارا و شکوفادر گروه حساس طبقه‌بندی شدند. ویژگی مقاومت به دو گونه نماتد در جمعیت SB33 کارآیی به‌نژادی چغندرقند را جهت انتقال ژن به لاین‌های در حال توسعه تسهیل کرده و ارزش ژنتیکی آن را افزایش می‌دهد. مطالعات سایر محققین نیز حاکی از شناسایی برخی ارقام مقاوم چغندرقند

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد گره در ریشه تعدادی از ژنوتیپ‌های چغندرقندنسبت به نماتد مولد گره ریشه در شرایط گلخانه در آزمایش دوم

Table 3. Mean number of galls per root of some sugar beet genotypes to root-knot nematode greenhouse condition in the second experiment

ژنوتیپ Genotype	گونه نماتد Nematode Species	تعداد لارو Number of Juvenile	میانگین تعداد گره در ریشه Mean number of galls per root
SB33	*Meloidogyne javanica*	750	0.08[ns]
7112×SB36	*Meloidogyne javanica*	750	243.2[*]
(7112×SB36)×SB33	*Meloidogyne javanica*	750	0.2[ns]
33HSF. 1	*Meloidogyne javanica*	750	0[ns]
Pauletta	*Meloidogyne javanica*	750	231[*]
Jolgeh	*Meloidogyne javanica*	750	292[*]
33HSF. 2	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 3	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 4	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 5	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 6	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 7	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
33HSF. 8	*Meloidogyne javanica*	500	0[ns]
Pauletta	*Meloidogyne javanica*	500	131[*]
Jolgeh	*Meloidogyne javanica*	500	107[*]
33HSF. 9	*Meloidogyne javanica*[1]	500	0[ns]
Pauletta	*Meloidogyne javanica*[1]	500	85.5[*]
Jolgeh	*Meloidogyne javanica*[1]	500	114[*]
33HSF. 10	*Meloidogyne arenaria*	500	0[ns]
Pauletta	*Meloidogyne arenaria*	500	113.3[*]
Jolgeh	*Meloidogyne arenaria*	500	135[*]

[1] جدایه باکو. بقیه گونه‌ها جدایه‌های ایرانی هستند.

[1] Bakoo isolate. The other species are Iranian isolates.

[*] افراد حساس دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد برای هر جدایه.

[ns] افراد مقاوم، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصدبرای هر جدایه.

[*] Susceptible individuals have significant differences at the 5% probability level for each isolate.

[ns] Resistant individuals, no significant difference at the 5% probability level for each isolate.

نسبت به نماتد مولد گره ریشه است. در بررسی واکنش ۲۶ رقم چغندرقند نسبت به نماتد مولد گره ریشه (*M. javanica* و *M. incognita*) در مصر ارقام Delamon، Desprez Av Poly، FD 9291، KWS 796 و Strio 11628 در شرایط مزرعه‌ای به عنوان مقاوم و رقم Hilma جزء گروه بسیار حساس طبقه‌بندی شدند. در شرایط گلخانه نیز مشخص شد که جمعیت نهایی، سرعت نفوذ، تولیدمثل و بلوغ نماتد در ارقام Delamon و KWS 796 پایین بود (Maareg *et al*., 1998). مطالعات محققین دیگری نیز حساسیت ده ژنوتیپ Ds9004، Disk-01-99، Rosana، Toro، Lp15، Lp16، Ds-9007، Rhist، Monte Rosa و Swallow چغندرقند را نسبت به *M. incognita* در شرایط گلخانه نشان داده است (Korayem *et al*., 2012). در مطالعه اثر *M. incognita* بر پاسخ‌های رشدی ارقام Oscarpoly و Raspoly مشخص شده است که این ارقام حساس بوده و رقم Raspoly در سطح زادمایه ۳۰۰۰ نماتد در آزمایش گلخانه‌ای خسارت قابل توجهی می‌بیند

جدول ۴- واکنش تعدادی از ژنوتیپ‌های چغندرقند مقاوم به نماتد سیستی، نسبت به جدایه ایرانی نماتد *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه

Table 4. Response of some sugar beet genotypes resistant to cyst nematode, against Iranian isolate of *Meloidogyne javanica* in greenhouse in the third experiment

ژنوتیپ Genotype	میانگین تعداد گره در ریشه [۱] Mean number of galls per root[1]	واکنش [۲] Response[2]
Jolgeh	460a	Susceptible, class 5
Shokufa	435.3a	Susceptible, class 5
Tucan	369.7ab	Susceptible, class 5
Sanetta	278.2bv	Susceptible, class 5
Paulina	236.6cd	Susceptible, class 5
Cactus	186.9ce	Susceptible, class 5
Fernando	181.2de	Susceptible, class 5
Pauletta	177.7e	Susceptible, class 5
Sucarra	140.7e	Susceptible, class 5
$34HSF._5$	0F	Resistant, class 0

[۱] حروف مشابه در ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف آماری معنی‌دار است ($P\geq0.05$).
[1] Similar letters in column are not significantly different ($P\geq0.05$).

[۲] گروه ۰: ۰ گره (مقاوم) و گروه ۵: بیش از ۱۰۰ گره (حساس) (Taylor and Sasser, 1978).
[2] Class 0: 0 gall (resistant) and class 5: more than 100 galls (susceptible) (Taylor and Sasser, 1978).

(Ismail *et al*., 1996). از سوی دیگر مقاومت شناخته شده در جمعیت SB33 نسبت به دو جدایه *M. javanica* و گونه *M. arenaria* مؤثر است. این نتایج مشابه یافته‌های سایر محققین می‌باشد که دریافتند گونه *Beta vulgaris* ssp. *maritima* نسبت به شش گونه نماتد مولد گره ریشه مقاومت دارد (Yu *et al*., 1999).

میانگین تعداد گره در ریشه تمامی ارقام توکان، کاکتوس، سانتا، پائولتا، پائولینا، فرناندو، ساکارا و شکوفا که مقاوم به نماتد سیستی (*Heterodera schachtii*) هستند، بیش از ۱۰۰ عدد بود و لذا میزبان حساس نماتد مولد گره ریشه بودند که با نتایج برخی تحقیقات شباهت دارد. مطالعات مشابه داد (Yu, 1984) که گونه‌های *Beta patellaris* Moq.، *B. procumbens* Chr. Sm. و *B. webbiana* Moq. دارای سطح بالای مقاومت به نماتد سیستی (*Heterodera schachtii* Schm.) و فاقد مقاومت به گونه‌های Meloidogyne بودند (Golden, 1959). در مطالعه دیگری گونه *B. procumbens* تنها به سه گونه *M. javanica*،*M. incognita* و *M. hapla* مقاوم، اما به دو گونه *M. arenaria* و *M. naasi* حساس است. دو گونه *B. patellaris* و *B. webbiana* نیز به پنج گونه مذکور نماتد مولد گره ریشه حساس بود (Di Vito, 1983). نتایج یافته‌های دیگری نشان داد که گونه *B. procumbens* دارای مقاومت

نسبی به شش گونه نماتد مولد گره ریشه است (Van Geyt *et al*., 1990). شیوه نفوذ و مهاجرت لاروهای سن دوم *M. incognita* در ریشه چغندرقند مشابه *H. schachtii* است. در ارقام مقاوم چهار روز پس از مایه‌زنی لاروها، تشکیل سلول‌های پرستار شروع می‌شود. ده روز پس از مایه‌زنی در ارقام مقاوم، لاروها و سلول‌های پرستار رو به زوال رفته و معمولاً ۲۵ روز پس از مایه‌زنی در اکثر موارد سلول پرستار کاملاً از هم پاشیده شده و لاروها نیز کاملاً از بین می‌روند و قابل شناسایی نیستند. به عبارت دیگر مکانیزم مقاومت چغندرقند نسبت به نماتد سیستی و مولد گره ریشه جلوگیری از بلوغ لاروها به ماده بالغ است (Yu and Steele, 1981)، در حالی که در اکثر گیاهان دیگر مقاوم به نماتد مولد گره ریشه، لاروها چهار تا هفت روز پس از مایه‌زنی، با عدم تشکیل جایگاه تغذیه ریشه را ترک می‌کنند یا می‌میرند (Williamson, 1998؛ Hadisoeganda and Sasser, 1982؛ Griffin *et al*., 1977). در این مطالعه نیز وجود گره در برخی گیاهچه‌های ژنوتیپ‌های مقاوم SB33، SB34، فامیل‌های نیمه خواهری جمعیت و نسل F_1، حاکی از نفوذ موفقیت‌آمیز لاروها درون ریشه بود که موفق به برقراری ارتباط تغذیه‌ای با میزبان خود شدند، ولی مراحل توسعه بعدی و توسعه نماتد ماده بالغ و تولیدمثل (تشکیل کیسه تخم) رخ نداده و تعداد گره در این ژنوتیپ‌ها کمتر از ۱۰ عدد بوده و لذا در گروه مقاوم دسته‌بندی شدند.

در این بررسی گره‌های با اندازه‌های مختلف در ژنوتیپ‌های حساس تشکیل شده که برخی از آن‌ها با چشم غیر مسلح قابل دیدن بود، ولی اکثر گره‌ها کوچک و تنها با چشم مسلح مشاهده شد. همچنین ریشه کم و نامناسب جهت مایه‌زنی نماتد کمتر مؤثر بود؛ چون تنها تعداد معدودی گره ریشه را القاء می‌کند، در حالی که گیاهان با سیستم ریشه‌ای سالم به طور مثبت کارآیی مایه‌زنی را افزایش داده و ارزیابی مقاومت گیاهان را تسهیل می‌کنند (Yu, 1995). شرایط محیطی، شدت نور و درجه حرارت نیز می‌تواند در یک گلخانه تغییر کند و به طور معنی‌داری تعامل بین گیاه آزمایشی و نماتد مولد گره ریشه را تحت تأثیر قرار دهد. درجه حرارت پایین توسعه نماتدها را کاهش داده و گره‌زایی را به تأخیر می‌اندازد، در حالی که درجه حرارت بالای خاک ممکن است پاسخ مقاومت را تغییر دهد، بنابراین بسیار مهم است که ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به نماتد مولد گره ریشه به عنوان استاندارد در هر آزمایشی برای کم کردن تغییرات در شرایط آزمایش گنجانده شوند (Hussey and Boerma, 1981). در این تحقیق نیز ارقام جلگه و پائولتا به عنوان شاهد حساس استفاده شدند و در تمامی آزمایش‌ها نیز این دو رقم با تعداد گره بیش از ۱۰ عدد در گروه حساس قرار گرفته و این نتایج حاکی از شرایط محیطی مساعد گلخانه در غربال مقاومت

بود. با وجود این، تعداد گره‌های تشکیل شده در این ارقام حساس در سه آزمایش گلخانه‌ای جداگانه با یک‌دیگر متفاوت بود که این می‌تواند به دلیل تفاوت سیستم ریشه‌ای گیاهچه‌های مختلف باشد، چرا که تعداد گره بیشتری در گیاهچه‌های با حجم ریشه بیشتر تشکیل شده می‌شود. تمامی ارقام حساس در هر سه آزمایش همچنان در گروه حساس قرار گرفته و هیچ رقم حساسی در گروه مقاوم طبقه‌بندی نشد. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که کلیه ارقام تجارتی موجود در کشور که به نماتد سیستی مقاوم هستند، در برابر نماتد مولد گره ریشه خسارت می‌بینند و بایستی ارقام مقاوم به نماتد مولد گره ریشه با توجه به وجود ژرم پلاسم مقاوم (گرده‌افشان‌های باز SB33 و SB34) توسعه یابند. در پژوهش‌های کاربردی به‌نژادی می‌توان مقاومت به نماتد مولد گره ریشه را به ارقام مقاوم به نماتد سیستی منتقل و ارقام با مقاومت دوگانه نسبت به هر دو نماتد تهیه و در دسترس کشاورزان قرار داد.

References

Akhiyani, A., Damadzadeh, M., and Ahmadi, A. R. 1993. Identification of plant parasitic nematodes in sugar beet fields in Esfahan. Proceedings of the 11th Iranian Plant Protection Congress. Rasht, Iran. Page 123 (in Persian).

Altman, J., and Thomason, I.1971. Nematodes and their control. pp. 335-370. In: Russell, T. J., John, T. A., George, E. R., and George, R. H. (eds.) Advances in Sugar Beet Production, Principles and Practices. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

Arnold, E. S. 1984. Nematode parasites of sugar beet. pp. 507-569. In: Nickle, W.R. (ed.) Plant and Insect Nematodes. Marcel Dekker Inc., New York and Basel, USA. 925 pp.

Bakooie, M., Mahmoudi, S. B., Pourjam, E., and Safaie, N. 2015. Optimal inoculum levels for resistance screening of sugar beet to root-knot nematode under greenhouse condition. Journal of Sugar Beet 30(2): 157-166 (in Persian).

Biancardi, E., McGrath, J. M., Panella, L. W., Lewellen, R. T., and Stevanato, P. 2010. Sugar Beet. pp. 173-219. In: Bradshaw, J.E.(ed.). Root and Tuber Crops. Handbook of Plant Breeding Volume 7. Springer Science+Bussiness Media, LLC, New York, USA.

Di Vito, M. 1983. Reaction of *Beta* spp. to root knot nematodes. Journal of Nematology 15(1): 144-145.

Duffus, J. E., and Ruppel, E. G.1993. Diseases. pp. 347-427. In: Cook, D.A., and Scott, R.K. (eds.). The Sugar Beet Crop. Chapman and Hall, London, UK.

El-Nagdi, W. M. A., Youssef, M. M. A., and Moustafa, Z. R. 2004. Reaction of sugar beet varieties to *Meloidogyne incognita* root knot nematode based on quantitative and qualitative yield characteristics. Pakistanian Journal of Nematology 22: 157-165.

Golden, A. M. 1959. Susceptibility of several Beta species to the sugar-beet nematode (*Heterodera schachtii*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). Journal of American Society of Sugar Beet Technologists 10: 444-447.

Griffin, G. D., and Elgin Jr, J. H. 1977. Penetrationand development of *Meloidogyne hapla* in resistant and susceptible alfalfa under differing temperatures.Journal of Nematology 9: 51-56.

Hadisoeganda, W. W., and Sasser, J. N. 1982. Resistance of tomato, bean, southern pea, and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. Plant Disease 66: 145–150.

Hussey, R. S., and Boerma, H. R. 1981. A greenhouse screening procedure for root-knot nematode resistance in soybean. Crop Science 21: 794-796.

Ibrahim, I. K. A. 1982. Species and races of root-knot nematodes and their relationship to economic host plants in northern Egypt. pp: 66-84. In: Proceeding of the 3rd Research and Planning Conference on Root-Knot Nematodes *Meloidogyne* spp. Coimbra, Portugal.

Ismail, A. E., Aboul-Eid, H. Z., and Besheit, S. Y. 1996. Effects of *Meloidogyne incognita* on growth response and technological characters of certain sugar beet varieties. Afro-Asian Journal of Nematology 6(2): 195-202.

Janati, A., Aouragh, E. H., and Meskine, M. 1982. The root- knot nematodes *Meloidogyne* spp. in Morocco. pp. 85-93. In: Proceeding of the 3rd Research and Planning Conference on Root Knot Nematodes *Meloidogyne* spp. Coimbra, Portugal.

Jepsen, S. B. 1983. Identification of Meloidogyne: a general assessment and a comparison of male morphology using light rnicroscopy, with a key to 24 species. Revue Nèmatology 6(2): 291-309.

Karegar, A. 2006. Identification of plant-parasitic nematodes associated with sugar beet and their distribution in Hamedan Province, Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 42: 159-178 (in Persian).

Korayem A. M., El-Bassiouny H. M. S., Abd El-Monem A. A., and Mohamed M. M. M. 2012. Physiological and biochemical changes in different sugar beet genotypes infected with root-knot nematode. Acta Physiologiae Plantarum 34: 1847-1861.

Maareg, M. F., Hassanein, M. A., Allam, A. I., and Oteifa, B. A. 1998. Susceptibility of twenty six sugar beet varieties to root knot nematodes *Meloidogyne* spp. in the newly reclaimed sandy soils of Al-Bostan region. Egyptical Journal of Agronematology 2(1): 111-125.

Mahmoudi, B., Vaziri, A., and Abdollah, A. 2009. Sugar Beet Pests, Diseases and Weeds in Baghlan. FAO Reporter. 63 pp.

Mehdikhani Moghadam, E., Keiri, A., and Okhovat, M. 1996. Morphological and morphometrical study of three endoparasitic nematodes of sugar beet in Mashhad region. Iranian Journal of Plant Pathology 32(1,2): 1-15 (in Persian).

Niknam, G., and Kheiri, A.1996. Identification of plant parasitic nematodes (Tylenchida) in Moghan fields. Journal of Agricultural Science 7(1,2): 1-33.

Nobre Maleita, C. M., Cunha Curtis, R. H., John Powers, S., and Abrantes, I. 2012. Host status of cultivated plants to *Meloidogyne hispanica*. European Journal of Plant Pathology 133: 449-460.

Omidvar, A. M. 1968. Plant Parasitic Nematodes, Behavior, Biology, Systematics and Their Control. Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. 192 pp. (in Persian).

Ommati, F., and Giti, M. 2010. Identification and spread of sugar beet parasitic nematodes of Semnan province. Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, Iran. Page 5495 (in Persian).

Panella, L., and Lewellen, R. T.2007. Broadening the genetic base of sugar beet:introgression from wild relatives. Euphytica 154: 383-400.

Sasser, J. N., and Carter, C. C. 1985. An Advanced Treatise on Meloidogyne. Volume I: Biology and Control. A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology and the United States Agency for International Development, North Carolina State University Graphics, Raleigh, North Carolina, USA. 223 pp.

Taylor, A. L., and Sasser, J. N. 1978. Biology, Identification and Control of Root-Knot Nematodes (Meloidogyne species). Raleigh: North Carolina State University Graphics, USA. 111 pp.

Van Geyt, J. P. C., Lange, W., Oleo, M., and De Bock Th. S. M. 1990. Natural variation within the genus Beta and itspossible use for breeding sugar beet: a review. Euphytica 49: 57-76.

Weiland, J. J., and Yu, M. H. 2003. A cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS) marker associated with root-knot nematode resistance in sugar beet. Crop Science 43: 1814-1818.

Whitehead, A. G. 1969. The distribution of root-knot nematode, *Meloidogyne* spp. in tropical Africa. Nematologica 15**:** 315-333.

Whitney, E. D., and Duffus, E. 1986. Compendium of Beet Disease and Insects. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 76 pp.

Williamson, V. M. 1998. Root-knot nematode resistance genes in tomato and their potential for future use. Annual Review of Phytopathology 36: 277-293.

Yu, M. H. 1984. Resistance to *Heterodera schachtii* in Patellares section of the genus Beta. Euphytica 33: 633-640.

Yu, M. H. 1995. Root-knot nematode development and root gall formation in sugar beet. Journal of Sugar Beet Research 32(1): 47-58.

Yu, M. H., and Steele, A. E.1981. Host-parasite interaction of resistant sugar beet and *Heterodera schachtii.* Journal of Nematology 13(2): 206-212.

Yu, M. H., Heijbroek, W., and Pakish, L. M. 1999. The sea beet source of resistance to multiple species of root-knot nematode. Euphytica 108: 151-155.